



# **GESTÃO DE ESTOQUES COM DEMANDA ESPORÁDICA: SELEÇÃO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO EM UMA EMPRESA DE GEOTECNOLOGIA**

**ROSANA AMARAL CARRASCO** - carrascorosana@yahoo.com.br  
UNOESTE

**FELIPE KESROUANI LEMOS** - felipeklemos@gmail.com  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FEB

**ADRIANA CRISTINA CHERRI** - adriana@fc.unesp.br  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - BAURU-FC

**SILVIO ALEXANDRE DE ARAUJO** - saraujo@ibilce.unesp.br  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP - SJ RIO PRETO

**Área:** 1 - GESTÃO DA PRODUÇÃO

**Sub-Área:** 1.2 - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

**Resumo:** DEMANDAS ESPORÁDICAS SÃO CASOS DE GESTÃO DE ESTOQUES DE DIFÍCIL MANEJO, DADA A DIFICULDADE DE PREVISÃO PARA SUA CORRETORA PARAMETRIZAÇÃO. O OBJETIVO DESTES TRABALHOS FOI DESENVOLVER UM MÉTODO DE ESCOLHA E PARAMETRIZAÇÃO DE MODELOS DE ESTOQUES REATIVOS EM UMA EMPRESA DO RAMO DE GEOTECNOLOGIA COM CARACTERÍSTICA DE DEMANDA ESPORÁDICA. TRÊS MODELOS REATIVOS DE GESTÃO DE ESTOQUES FORAM AVALIADOS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL, SENDO SEU CUSTO COMPARADO PARA DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES ATÉ OBTIVER O MENOR CUSTO TOTAL (PEDIDOS, MANUTENÇÃO DO ESTOQUE E FALTAS). OS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS INDICAM QUE: (I) O MODELO DE REPOSIÇÃO DA BASE FOI O MAIS PREVALENTE COM MENOR CUSTO PARA A MAIOR PARTE DOS ITENS; (II) O MODELO DE LOTE FIXO FOI O MAIS ADEQUADO EM RARAS SIMULAÇÕES E NUNCA TEVE O MAIOR PERCENTUAL DE SUPERIORIDADE; (III) O MODELO DE REPOSIÇÃO DO MÁXIMO FOI O MAIS INDICADO PARA ITENS COM MAIOR DEMANDA; (IV) O CUSTO UNITÁRIO DOS ITENS POUCO INFLUENCIOU NA ESCOLHA E PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO, SENDO ESTA MAIS INFLUENCIADA PELA DEMANDA MÉDIA NO PERÍODO.

**Palavras-chaves:** GESTÃO DE DEMANDA; MODELOS DE ESTOQUE; DEMANDA RAREFEITA; REPOSIÇÃO DA BASE; REPOSIÇÃO DO MÁXIMO

# INVENTORY MANAGEMENT WITH SPORADIC DEMAND: SELECTION THROUGH SIMULATION ON A GEOTECHNOLOGY COMPANY

**Abstract:** *SPORADIC DEMANDS ARE CASES OF DIFFICULT INVENTORY MANAGEMENT, ONCE DEMAND FORECASTING IS DIFFICULT TO BE DONE TO CALIBRATE PARAMETERS. THE OBJECTIVE OF THIS PAPER IS DEVELOPING A METHOD TO CHOOSE AND CALIBRATE PARAMETERS OF REACTIVE INVENTOORY MANAGEMENT MODELS ON A GEOTECHNOLOGY COMPANY WITH SPORADIC DEMAND. THREE REACTIVE MODELS WERE ASSESSED THROUGH COMPUTATIONAL SIMULATION, WITH COSTS COMPARED WITH DIFFERENT PARAMETERS UNTIL GETTING THE LOWEST COST (ORDERS, MAINTENANCE AND FAULTS). MAIN RESULTS INDICATE THAT: (I) BASE REPLENISHMENT WAS THE MOST PREVALENT MODEL WITH LOWEST COSTS TO THE MAJOR SET OF ITEMS; (II) FIX LOT MODEL WAS THE MOST ADEQUATE IN RARE SIMULATIONS AND NEVER GOT THE BIGGEST AMOUNT OF SIMULATIONS SUCCEEDED; (III) MAXIMUM REPLENISHMENT MODEL WAS THE MORE ADEQUATE TO ITEMS WITH BIGGER DEMANDS; (IV) THE UNITARY COST OF THE ITEMS HAD LITTLE INFLUENCE ON MODEL CHOOSING, THAT BEING MORE AFFECTED BY DEMAND ON THE PERIOD.*

**Keyword:** *INVENTORY MANAGEMENT; STOCK MODELS; SPORADIC DEMAND; BASE REPLANISHMENT; MAXIMUM REPLANISHMENT*

## 1. Introdução

O processo decisório vinculado à gestão de estoques possui uma grande importância em sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), uma vez que lida com o equilíbrio entre nível de serviço e custos. Desta forma, não é apenas uma decisão relacionada a custos, mas também com objetivos de um planejamento agregado de atendimento (CHING, 2010).

Sistemas de produção submetidos a demandas esporádicas ou rarefeitas possuem esta área decisória mais crítica (SYNTETOS; BOYLAN, 2001), uma vez que os padrões de demanda são menos claros e previsíveis (HUA et al., 2007). Empresas projetizadas e setores de peças de reposição são casos comuns deste tipo de demanda e requerem tais cuidados.

O presente trabalho, desenvolvido com base em dados de uma empresa de geotecnologia do interior do estado de São Paulo, tem como objetivo endereçar esta questão da escolha e parametrização de modelos de estoque para sistemas produtivos com características de demandas rarefeitas. Desta forma, a questão de pesquisa a ser respondida é como escolher e parametrizar a política de estoque de itens com demandas esporádicas.

A empresa estudada desenvolve produtos de alta tecnologia voltada ao desenvolvimento de projetos e atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).

Este trabalho está desenvolvido em seis seções, incluindo esta introdução. Uma revisão de conceitos utilizados no desenvolvimento do trabalho é apresentada na seção dois. A seção três apresenta o método desenvolvido para atingir o objetivo do trabalho. Resultados são apresentados na seção quatro, enquanto os pontos mais relevantes e implicações gerenciais são discutidos na seção cinco. Finalmente, as conclusões são apresentadas na última seção.

## 2. Revisão da literatura

### 2.1. Gestão de estoques

O conceito de estoque está relacionado à acumulação física de recursos materiais dentro de um sistema produtivo (SLACK, 2009). A necessidade de tais recursos é resultado entre o comum desbalanceamento e variabilidade das forças de oferta e demanda (MOREIRA, 2008). A gestão de estoques é, nesse sentido, o conjunto de decisões que concernem à quantidade e momento da acumulação de tais produtos, através de políticas de compra ou produção relacionadas ao instante de ressuprimento e tamanhos de lotes (ALMEIDA;

LUCENA, 2006).

Entretanto, existe um dilema nesta área da gestão, uma vez que a quantidade estocada aumenta a segurança e confiabilidade do abastecimento do sistema, sendo que sua inexistência pode acarretar custos de faltas; por outro lado, o carregamento de estoques acarreta custos relacionados manutenção, obsolescência e custos de pedidos (BALLOU, 2007). Daí a preocupação em manter quantidades estrategicamente definidas para proporcionar independência entre as etapas dos processos de transformação (CORRÊA et al., 2010).

## 2.2. Demandas esporádicas

A previsão de demanda é uma atividade importante no planejamento de produção, seja para o desenvolvimento de planos de longo prazo, como a capacidade produtiva, quanto para os de curto prazo, como fluxo de caixa e estoques (CASTIGLIONI, 20008). Uma boa revisão de métodos de previsão de demanda voltada para a gestão de estoques pode ser encontrada em Syntetos, Boylan e Disney (2009).

A existência de um padrão de pedidos rarefeito ou esporádico leva a um padrão mais difícil de previsibilidade, sendo recomendável um tratamento especial (SYNTETOS; BOYLAN, 2001). Tal padrão é encontrado de maneira relativamente comum em peças de reposição ou empresas projetizadas. Dentre os motivos da tal dificuldade, estão a grande multiplicidade de componentes, os curtos ciclos de vida e as demandas baixas (REGO; MESQUITA, 2011). Em casos de demandas constantes, diferentes regras de formação de lotes possuem desempenho semelhante e pouco sensíveis aos desvios de previsão (SANTORO; FREIRE, 2004).

Ainda que seja de importante aplicação, problemas que envolvem demandas rarefeitas ainda carecem de abordagens que estreitem teoria e prática, como apontado por Rego (2006) no caso de peças de reposição. Estudos de caso mostram ainda o uso de método *ad-hoc* para esse tipo de problema (BACHETTI; SACCANI, 2012). Desta forma, Syntetos et al. (2009) propõe maior produção de pesquisas empíricas para reduzir tais lacunas entre teoria e prática.

## 2.3. Modelos de gestão de estoques

Os modelos de gestão de estoques podem ser classificados em ativos, sendo baseados na previsão de demanda; ou reativos, cujo funcionamento é ditado pelo comportamento do

próprio estoque, não utilizando previsão de demanda (LUSTOSA et al., 2008). O problema é tratado desde o trabalho pioneiro de Brown (1959) em relação à gestão mais eficiente de estoque através de cálculo de parâmetros para modelos reativos até os dias atuais.

Ainda que não utilize a previsão de demanda para as políticas de produção e compras, os modelos reativos podem utilizar-se destas para obter uma melhor parametrização, mais eficiente em relação aos fenômenos de incertezas que busca amenizar (SANTORO; FREIRE, 2008).

Santoro (2006) propõe uma subdivisão dos modelos de estoques reativos em três formatos:

- Modelos de reposição do máximo: tem como parâmetros o ponto de pedido (quantidade em estoque para a qual uma ordem de reposição é disparada) e estoque máximo (quantidade a ser reposta na ordem de reposição);
- Modelos de reposição da base: tem como parâmetro a base, ou seja, a quantidade almejada em estoque, sendo disparada uma ordem de reposição sempre que há uma saída de estoque. Pode ser entendido como um modelo de reposição do máximo com ponto de pedido igual ao estoque máximo;
- Modelos de lote fixo: tem como parâmetros o ponto de pedido (quantidade em estoque para a qual uma ordem de reposição é disparada) e o tamanho do lote de compra (quantidade fixa a ser pedida).

A comparação entre os diferentes modelos de estoque deve incluir a avaliação de custos de pedido (custos fixos relacionados à compra ou produção); custo de armazenagem e custos de falta (FREIRE, 2007).

### **3. Método**

#### **3.1. Coleta de dados**

O presente estudo baseou-se na simulação de modelos de gestão de estoque aplicados à realidade da demanda de itens de uma empresa de pequeno porte do segmento de Geotecnologia, situada no interior do estado de São Paulo. Foram coletados dados dos itens e seu histórico de demanda no período de 12 de maio de 2015 até 24 de março de 2016, período para o qual a empresa dispunha de dados corretamente apontados.

O levantamento abarcou um total de 679 itens que são montados em diferentes combinações nas três linhas de produtos oferecidos pela empresa. Os dados utilizados nesta pesquisa, além de um código de identificação, foram: (i) custo de compra da peça, (ii) preço de venda da peça como reposição ao cliente, (iii) estimativa do seu *leadtime* e (iv) custo fixo de um novo pedido, relacionado com a nacionalidade do fornecedor. Quanto ao histórico de utilização das peças, foram obtidos os registros de saída de estoque no período acima referido para cada um dos itens em análise.

### 3.2. Modelo de simulação

A Figura 3.1. ilustra de maneira esquemática a lógica do modelo de simulação proposto.

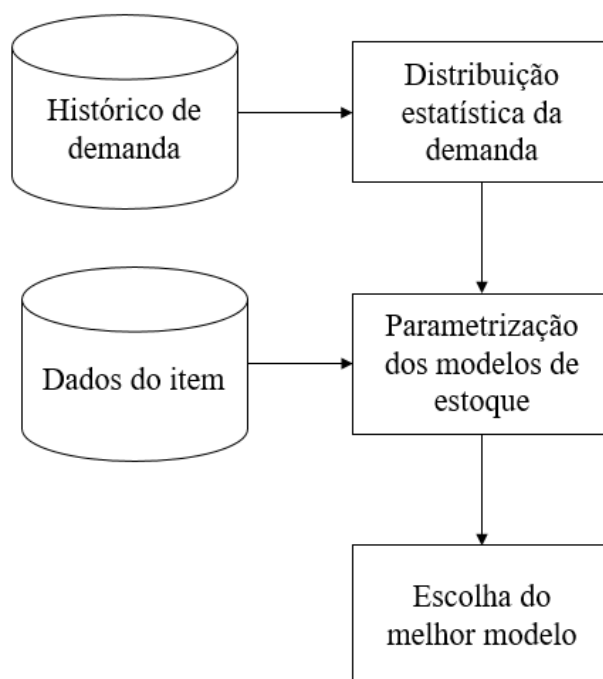


FIGURA 3.1 – Lógica do modelo de simulação proposto

A partir do histórico da demanda, foi atribuída uma distribuição estatística correspondente ao item, de forma que os modelos de estoque pudessem ser simulados em diversas repetições. O critério utilizado baseou-se na maior demanda do item no período. Para itens em que a maior demanda foi unitária, utilizou-se a distribuição binomial com probabilidade de ocorrência igual à demanda média no período. Para itens em que houve

demanda maior do que 1 em algum dos dias do período analisado, atribui-se a distribuição discreta de Poisson, com o parâmetro  $\lambda$  calculado também como a demanda média no período.

Havendo uma distribuição estatística atribuída, é possível gerar a demanda em cada um dos dias do horizonte analisado. Para este trabalho, gerou-se demandas para um horizonte de simulação de 720 dias (aproximadamente 2 anos), desprezando os custos dos primeiros 360 dias, entendidos como período de regime transitório.

Com a demanda gerada, foi implementado um modelo de simulação que testasse a demanda frente a variações incrementais (1 unidade) dos parâmetros de cada um dos modelos de estoques reativos, para uma faixa suficientemente ampla de valores:

- Reposição do máximo: ponto de pedido e estoque máximo;
- Lote fixo: ponto de pedido e tamanho do lote;
- Reposição da base: base a ser repostada.

O critério para escolha da melhor parametrização e do melhor modelo é o custo total do sistema proposto, compreendido pelo custo de estocagem, custo de pedido e o custo de falta. O custo de falta foi calculado com base em uma taxa de 5% de probabilidade de perda da venda – determinada com base empírica dos gestores – em que computou-se a perda da margem da peça; e 95% de probabilidade de um atraso na receita, em que computou-se o custo de oportunidade do atraso com base na taxa SELIC (14,25% à época). O custo de estocagem foi determinado com base no capital investido no período (também utilizando a taxa SELIC) e em uma probabilidade de 0,2% de perdas por avarias, também determinada com base empírica dos gestores. Por fim o custo do pedido foi utilizado com base no cadastro do item e computado em toda ocorrência de um pedido, independentemente da quantidade. O tempo de reposição do estoque em relação do pedido simulado utilizou o *leadtime* do item de maneira determinística.

Foram realizados testes preliminares com 20 itens e conclui-se que os resultados se estabilizavam de maneira consistente com mais de 1.000 simulações, de forma que o procedimento foi repetido nessa quantidade de vezes para cada item.

#### 4. Resultados

O procedimento de simulação foi implementado utilizando VBA (*Visual Basic for Applications*) e rodado utilizando um computador com processador Intel Core i7 de segunda



geração com 12 GB de memória. Os dados foram gerados em tempo de processamento razoável, sendo 845 segundos para as 1.000 repetições dos 679 itens.

Para cada um dos itens, computou-se o percentual de vezes em que cada um dos três modelos foi o mais vantajoso, assim como o conjunto de parâmetros que minimizou os custos totais. Como exemplificação, a Tabela 4.1 mostra o resultado de um item de acordo com o modelo construído.

TABELA 4.1 – Resultados obtidos para um dos itens, exemplificando a saída da simulação.

Modelo de estoque	Percentual de simulações com menor custo	Parâmetros	
		Ponto de pedido	Máximo / Lote / Base
Reposição da base	51,2%	-	3
Reposição do máximo	19,7%	1	2
Lote fixo	29,1%	1	3

Observa-se que da simulação é possível obter o modelo de estoque mais adequado para a demanda simulada a partir do maior percentual de simulações em que este obteve o menor custo. Além disso, para cada um dos modelos, encontrou-se o conjunto de parâmetros que minimiza o custo deste.

Conforme evidenciado na Tabela 4.2, o sistema de lote fixo não foi predominante em nenhum dos itens simulados, enquanto o modelo de reposição do máximo foi predominante em 37 itens e o modelo de reposição da base em 642 itens, com franca predominância.

TABELA 4.2 – Quantidade absoluta e relativa de itens com predominância em cada um dos modelos

Modelo	Maior quantidade de simulações como menor custo	
Reposição da base	642	94,6%
Reposição do máximo	37	5,4%
Lote fixo	0	0,0%

A Figura 4.1 resume os resultados obtidos em termos de proporção em que cada um dos modelos foi escolhido.



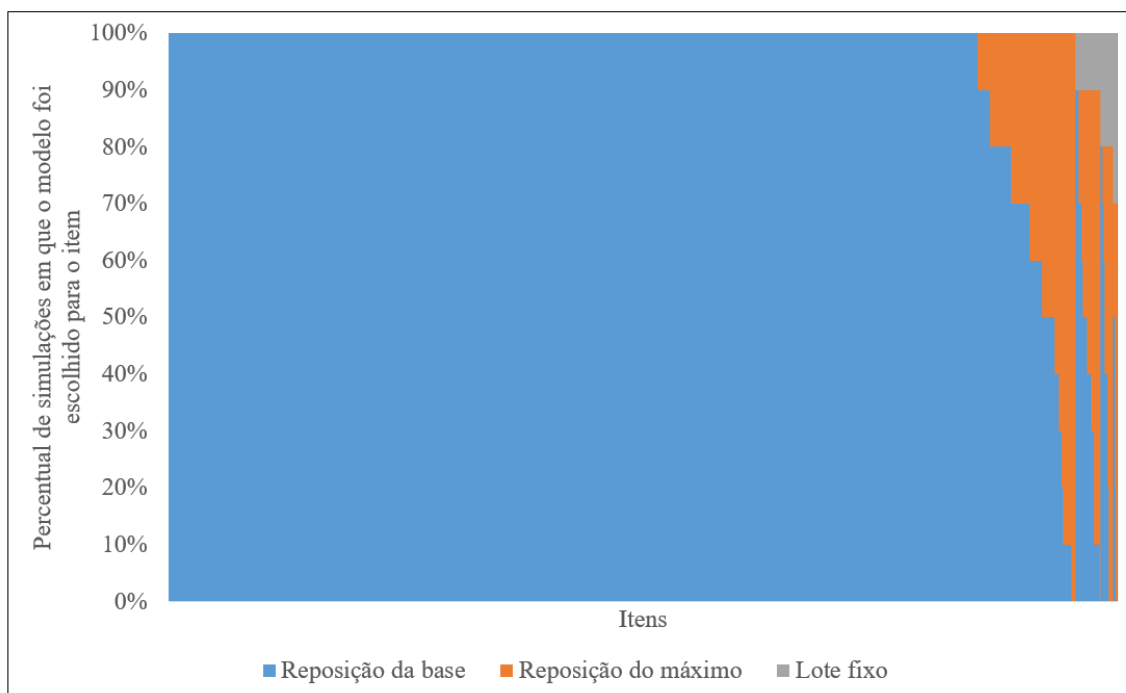


FIGURA 4.1 – Gráfico ilustrativo do percentual de simulações em que cada um dos modelos obteve menor custo para cada item

Uma vez observada a grande predominância de itens com preferência pelo modelo de reposição da base, fez-se uma análise quebrando este conjunto no parâmetro de base proposta (quantidade de itens mantidos em estoque, de acordo com a simulação). Dividiu-se este grupo em itens com base zero (ou seja, compras por encomenda, sem estoque mantido); base um, ou seja, mantém-se uma unidade em estoque e compra-se quando consumido; base dois e base três (maior quantidade sugerida como base).

Com intuito de analisar a possível influência de características dos itens no tipo de modelo de estoque mais adequado foi construído um gráfico de dispersão, conforme mostrado na Figura 4.2. Cada um dos itens foi retratado como um ponto no gráfico, sendo o eixo horizontal a demanda total no período analisado; o eixo vertical o custo unitário de compra do item em R\$; e a cor de cada um dos pontos retratando o modelo de estoque indicado como mais adequado.

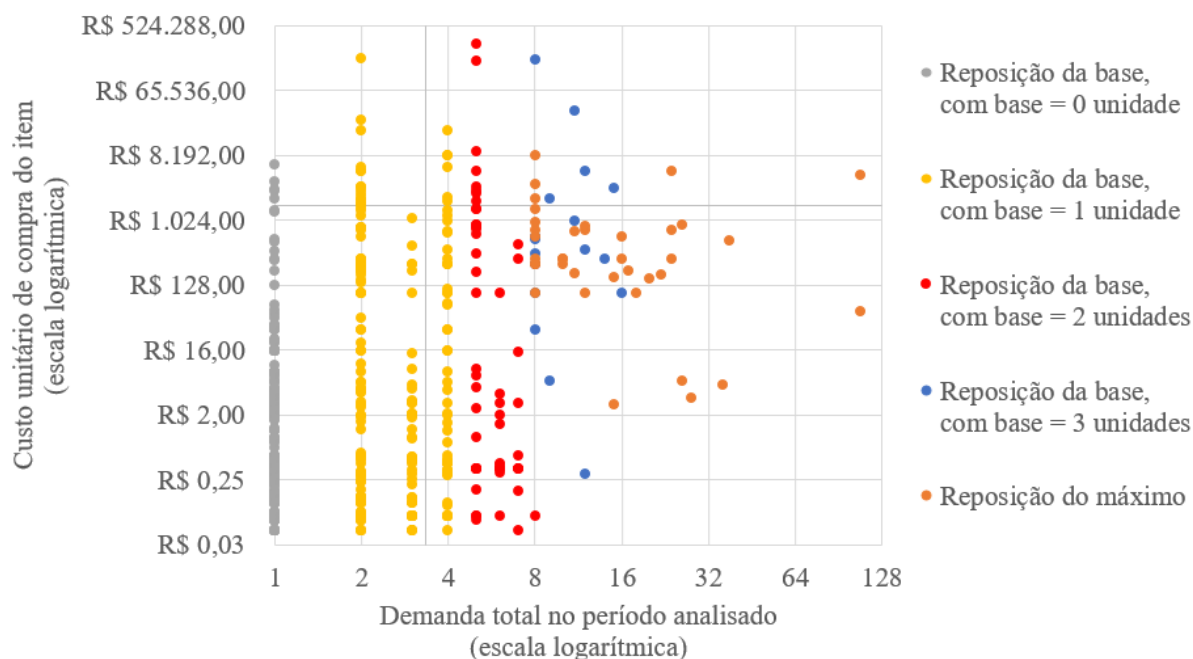


FIGURA 4.2 – Dispersão dos itens de acordo com o modelo escolhido, custo unitário e demanda total no período analisado

## 5. Discussão

Os resultados mostrados na Tabela 4.2 mostram uma grande predominância do modelo de reposição da base no conjunto de itens analisados neste trabalho. Quase a totalidade dos itens apresentou preferência por este modelo de gestão de estoque como forma de minimizar o custo.

Reforça esta constatação o que é ilustrado na Figura 4.1: não só este modelo foi o menos oneroso para a maioria dos itens, como também o foi em grande parte das simulações de cada item. Interessante notar que em mais de 85% dos itens (579 de 679 itens) o modelo de reposição da base foi o escolhido em 100% das simulações (área azul do gráfico).

Já o resultado evidenciado na Figura 4.2 mostra a influência da demanda dos itens no modelo de gestão de estoques e sua parametrização. Estas decisões permaneceram pouco sensíveis aos custos unitários dos itens, como pode ser visto pela homogeneidade dos modelos atribuídos para diferentes custos de uma mesma demanda total. Este resultado é bastante relevante para gestores, uma vez que é muito comum utilizar ferramentas que dão diferentes tratamentos para itens de acordo com seus custos (como a chamada curva ABC).

Um resultado ainda evidenciado nesta Figura 4.2, embora muito coerente com o que se espera de um modelo de reposição de estoques, é a necessidade de quantidades maiores de

estoques de acordo com a maior demanda verificada. Observa-se que a base requerida nos modelos de reposição da base possui forte relação com a demanda apresentada no período de coleta de dados.

O método utilizado para escolha do modelo de gestão de estoque mostrou-se útil e prático, uma vez que (i) utiliza informações relativamente simples (cadastro do item e histórico de vendas), (ii) consome tempos computacionais razoáveis; (iii) e provê resultados de imediata aplicação. O resultado individual apresentado pela Tabela 4.1 indica de maneira direta as probabilidades de sucesso de cada modelo, assim como a parametrização que para a qual este melhor se desempenha.

## 6. Conclusão

O presente trabalho propôs a analisar a gestão de estoques de itens em uma empresa de Geotecnologia com demanda francamente rarefeita. Foram buscados na literatura modelos de gestão de estoques reativos a serem testados através de técnicas de simulação: reposição da base, reposição do máximo e lote fixo.

Um modelo de simulação foi desenvolvido com linguagem de programação VBA, imputando a cada item uma distribuição de probabilidade de sua demanda de acordo com o histórico obtido. A partir da distribuição imposta, foram geradas sucessivas séries de dados, para cada uma das quais foram ajustados os melhores parâmetros em cada um dos três modelos. O critério adotado foi o custo total, compreendido entre custo de estocagem, custo de falta e custo de pedidos. Os custos de cada modelo parametrizado puderam ser comparados para indicar um modelo mais adequado em cada simulação.

Através de sucessivas repetições para cada itens, observou-se uma franca predominância do modelo de reposição da base, não só como mais vezes adequado, como numa proporção muito maior do que os demais para a maior parte dos itens. Além disso, constatou-se que a demanda histórica possui um papel mais determinante do que o custo unitário do item, contrário a práticas gerenciais comuns.

Do ponto de vista acadêmico, estes resultados possibilitaram inferências em relação à gestão de estoques em empresas com demandas rarefeitas. Do ponto de vista prático, o modelo de simulação proposto mostra-se interessante para decisões gerenciais dada sua simplicidade de obtenção de dados e clareza dos resultados.

Ressalta-se aqui que o horizonte disponível de dados é relativamente curto e em uma fase inicial da empresa estudada. Dados de períodos mais estáveis e longos podem ser mais representativos quanto às conclusões de demandas esporádicas. Neste sentido, propõe-se como estudos futuros novas aplicações do método a diferentes realidades.

## Referências

- ALMEIDA, D.; LUCENA, M. Gestão de estoques na cadeia de suprimentos. **Revista Ecco**, n. 1, p. 34-49, jul./dez., 2006.
- BACHETTI, A. & SACCANI, N. (2012). Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. **Omega**, 40, pp. 722-737.
- BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: Transportes Administração de Materiais e Distribuição Física**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- BROWN, R. G. **Statistical Forecasting for Inventory Control**. New York: McGraw-Hill, 1959.
- CASTIGLIONI, J. A. M. **Logística Operacional: guia prático**. São Paulo: Érica, 2008.
- CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada – Supply chain**. 4. ed. – São Paulo: Atlas, 2010
- CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N.; CAON, Mauro. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- FREIRE, Gilberto. **Estudo comparativo de modelos de estoques num ambiente com previsibilidade variável de demanda**. 2007. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- HUA, Z. S. et al. A new approach of forecasting intermittent demand for spare parts inventories in the process industries. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, p. 52-61, 2007.
- LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e controle da Produção**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.
- MOREIRA, Daniel Augusto (ed.). **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- REGO, J. R. A **Lacuna Entre a Teoria de Gestão de Estoques e a Prática Empresarial na Reposição de Peças em Concessionárias de Automóveis**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo - USP, 2006. 115 p.
- REGO, José Roberto do; MESQUITA, Marco Aurélio de. Controle de estoque de peças de reposição em local único: uma revisão da literatura. **Production**, São Paulo , v. 21, n. 4, p. 645-666, 2011 .
- SANTORO, M. C.; FREIRE, G. Análise comparativa de modelos de estoque. In: SBPO 2004, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2004, S. J. DEL REY. **Anais... SOBRAPO 2004**.
- SANTORO, M.C. **Sistema de gestão de estoques de múltiplos itens em local único**. 2006. 109 f. Tese (Livre Docência em Gestão de Operações e Logística) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SANTORO, M. C.; FREIRE, G. Análise comparativa entre modelos de estoques, **Produção**, v. 18-1, p. 89-98, 2008.
- SLACK, Nigel.; CHAMBERS, Stuart.; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo:

Atlas, 2009.

SYNTETOS, A.A.; BOYLAN, J.E. On the bias of intermittent demand estimates. **International Journal of Production Economics**, v.71-1/3, p.457-466, 2001.

SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E.; DISNEY, S. M. Forecasting for inventory planning: a 50-year review. **Journal of the Operational Research Society**, v. 60, p. S149-S160, 2009.